



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11218790 A

(43) Date of publication of application: 10.08.99

(51) Int. Cl. G02F 1/335  
H04B 10/02  
H04J 14/00  
H04J 14/02

(21) Application number: 10020615

(22) Date of filing: 02.02.98

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(72) Inventor: OTSUKA KAZUE  
ONAKA HIROSHI  
CHIKAMA TERUMI

(54) OPTICAL BRANCHING/INSERTING DEVICE  
USING WAVELENGTH SELECTING FILTER AND  
OPTICAL BRANCHING DEVICE

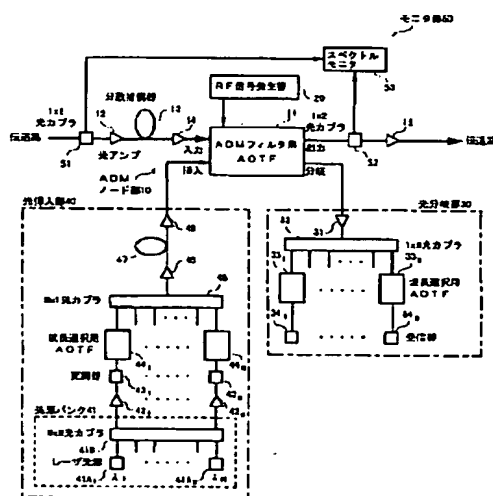
signal light to be inputted/outputted to/from the ADM node part 10.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical branching/inserting device capable of easily managing the wavelength of signal light and branching, inserting or transmitting the signal light having optical number of multiflexing and optically umultiplexed transmitting signal light of optical wavelength by using a wavelength selecting filter utilizing an acoustic-optical effect.

**SOLUTION:** The optical branching/inserting device is composed of an ADM node part 10 having a 4-port ATOF 11 to be a wavelength selecting filter and connected to a transmission line, an RF signal generator 20 for generating an RF signal of an optional frequency band and impressing the RF signal to the AOTF 11, a selected wavelength variable optical branch part 30 for receiving signal light outputted from the branch port of the AOTF 11 in each wavelength, an optical insertion part 40 for generating the optical number of inserting light components of optical wavelength and sending these light components to the insertion port of the AOTF 11, and a monitor part 50 for monitoring the spectrum of each



J1017 U.S. PTO  
09/960503  
09/24/01



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】波長多重された信号光が伝送される伝送路に接続され、該伝送路上の信号光に対して少なくとも 1 つの波長の信号光を分岐及び挿入可能な分岐・挿入手段と、該分岐・挿入手段で分岐された信号光を波長毎に受信処理する光分岐手段と、前記伝送路上の信号光に挿入する挿入光を前記分岐・挿入手段に出力する光挿入手段と、を備えた光分岐・挿入装置において、前記分岐・挿入手段が、少なくとも 1 つの周波数の弾性表面波を選択信号に対応して発生可能であり、前記伝送路から受信した信号光が入力される入力ポート、前記伝送路へ出力する信号光が出力される出力ポート、前記光分岐手段に接続する分岐ポート及び前記光挿入手段に接続する挿入ポートを有する波長選択フィルタを含み、該波長選択フィルタは、前記選択信号が印加され、前記入力ポートに送られた前記伝送路からの信号光に含まれる前記弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光を分岐して前記分岐ポートに出力するとともに、前記弾性表面波の周波数に対応した波長を有する前記挿入ポートに送られた挿入光を前記伝送路からの信号光に挿入して前記出力ポートに出力する構成としたことを特徴とする波長選択フィルタを用いた光分岐・挿入装置。

【請求項 2】波長多重された信号光が伝送される伝送路に接続され、該伝送路上の信号光に対して少なくとも 1 つの波長の信号光を分岐及び挿入可能な光分岐・挿入装置において、分岐された信号光を波長毎に受信処理する光分岐手段と、前記伝送路上の信号光に挿入する挿入光を発生する光挿入手段と、選択信号に応じた周波数の弾性表面波を少なくとも 1 つ発生可能であり、前記伝送路から受信した信号光が入力される入力ポート、前記伝送路へ出力する信号光が出力される出力ポート、前記光分岐手段に接続する分岐ポート及び前記光挿入手段に接続する挿入ポートを有する波長選択フィルタと、を備え、該波長選択フィルタは、前記入力ポートに送られた前記伝送路からの信号光に含まれる前記弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光を分岐して前記分岐ポートに出力するとともに、前記弾性表面波の周波数に対応した波長を有する前記挿入ポートに送られた挿入光を前記伝送路からの信号光に挿入して前記出力ポートに出力する構成としたことを特徴とする波長選択フィルタを用いた光分岐・挿入装置。

【請求項 3】波長多重された信号光が伝送される伝送路に接続され、該伝送路上の信号光のうち少なくとも 1 つの波長の信号光を分岐可能な光分岐装置において、分岐された信号光を波長毎に受信処理する光分岐手段と、選択信号に応じた周波数の弾性表面波を少なくとも 1 つ

発生可能であり、前記伝送路から受信した信号光が入力される入力ポート、前記伝送路へ出力する信号光が出力される出力ポート及び前記光分岐手段に接続する分岐ポートを有する波長選択フィルタとを備え、

該波長選択フィルタは、前記入力ポートに送られた前記伝送路からの信号光に含まれる前記弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光を分岐して前記分岐ポートに出力する構成としたことを特徴とする波長選択フィルタを用いた光分岐装置。

- 10 【請求項 4】波長多重された信号光が伝送される伝送路に接続され、該伝送路上の信号光に対して少なくとも 1 つの波長の信号光を分岐及び挿入可能な分岐・挿入手段と、該分岐・挿入手段で分岐された信号光を波長毎に受信処理する光分岐手段と、前記伝送路上の信号光に挿入する挿入光を前記分岐・挿入手段に出力する光挿入手段と、を備えた光分岐・挿入装置において、前記分岐・挿入手段が、少なくとも 1 つの周波数の弾性表面波を選択信号に対応して発生可能であり、前記伝送路から受信した信号光が入力される入力ポート、前記伝送路へ出力する信号光が出力される出力ポート及び前記光分岐手段に接続する分岐ポートを有する波長選択フィルタと、前記出力ポートから出力される信号光に前記光挿入手段からの挿入光を合波して前記伝送路に出力する光合波部と、を含み、前記波長選択フィルタは、前記選択信号が印加され、前記入力ポートに送られた前記伝送路からの信号光に含まれる前記弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光を分岐して前記分岐ポートに出力し、他の波長の信号光を前記出力ポートに出力する構成としたことを特徴とする波長選択フィルタを用いた光分岐・挿入装置。
- 20
- 30

【請求項 5】波長多重された信号光が伝送される伝送路に接続され、該伝送路上の信号光に対して少なくとも 1 つの波長の信号光を分岐及び挿入可能な光分岐・挿入装置において、

分岐された信号光を波長毎に受信処理する光分岐手段と、

前記伝送路上の信号光に挿入する挿入光を発生する光挿入手段と、

- 40 選択信号に応じた周波数の弾性表面波を少なくとも 1 つ発生可能であり、前記伝送路から受信した信号光が入力される入力ポート、前記伝送路へ出力する信号光が出力される出力ポート及び前記光分岐手段に接続する分岐ポートを有する波長選択フィルタと、

前記出力ポートから出力される信号光に前記光挿入手段からの挿入光を合波して前記伝送路に出力する光合波手段と、を備え、

前記波長選択フィルタは、前記選択信号が印加され、前記入力ポートに送られた前記伝送路からの信号光に含まれる前記弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光を分岐して前記分岐ポートに出力し、他の波長の信号光を

50

前記出力ポートに出力する構成としたことを特徴とする波長選択フィルタを用いた光分岐・挿入装置。

【請求項6】前記伝送路に出力する信号光を伝送に必要なパワーレベルまで増幅する少なくとも1つの光増幅手段を備えて構成された特徴とする請求項1～5のいずれか1つに記載の波長選択フィルタを用いた装置。

【請求項7】前記伝送路の分散特性を補償する分散補償手段と、該分散補償手段における信号光パワーの損失を補償する分散補償用光増幅手段と、を備えて構成された特徴とする請求項1～6のいずれか1つに記載の波長選択フィルタを用いた装置。

【請求項8】前記光分岐手段は、前記波長選択フィルタの分岐ポートから出力される信号光を受信波長数に応じて分波する光分波部と、該光分波部の各出力ポート毎に設けられ、分波された信号光から1つの波長光を選択して出力する選択波長可変の波長選択部と、該波長選択部で選択された波長光を受信処理する受信部と、を含むことを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の波長選択フィルタを用いた装置。

【請求項9】前記光挿入手段は、前記伝送路上で伝送可能なすべての波長に対応した光を発生する光源部と、該光源部からの各波長光を合波した波長多重光を挿入波長数に応じて分波して出力する光合分波部と、該光合分波部から出力された各波長多重光毎に変調を行ない、かつ、1つの波長光を選択して出力する選択波長可変の挿入光生成部と、該挿入光生成部から出力される各波長の信号光を合波して出力する光合波部と、該光合波部から出力される信号光を増幅して前記波長選択フィルタの挿入ポートに出力する光増幅部と、を含むことを特徴とする請求項1、2、4～8のいずれか1つに記載の波長選択フィルタを用いた光分岐・挿入装置。

【請求項10】前記光挿入手段は、前記伝送路の分散特性を補償する分散補償部と、該分散補償部における光パワーの損失を補償する分散補償用光増幅部と、を含むことを特徴とする請求項9記載の波長選択フィルタを用いた光分岐・挿入装置。

【請求項11】前記光挿入手段は、前記光源部から前記光合分波部に、挿入可能な波長光のみを送る光源制御部を含むことを特徴とする請求項9または10記載の波長選択フィルタを用いた光分岐・挿入装置。

【請求項12】前記光挿入手段は、前記挿入光生成部から前記合波部に、実際に挿入する波長の信号光のみを送る挿入光制御部を含むことを特徴とする請求項9～11のいずれか1つに記載の波長選択フィルタを用いた光分岐・挿入装置。

【請求項13】前記伝送路から前記波長選択フィルタに入力される信号光のスペクトル及び前記波長選択フィルタから前記伝送路に出力される信号光のスペクトルをそれぞれ測定して、各波長毎の光パワーを監視するモニタ手段を含んで構成されたことを特徴とする請求項1～1

2のいずれか1つに記載の波長選択フィルタを用いた装置。

【請求項14】前記選択信号は、周波数及び出力パワーの少なくとも一方が前記モニタ手段の監視結果に応じて調整され、前記波長選択フィルタは、出力ポートから出力される各波長の信号光パワーが前記選択信号に応じて略一定に制御される構成としたことを特徴とする請求項13記載の波長選択フィルタを用いた装置。

【請求項15】前記光挿入手段は、前記挿入光生成部から出力される各波長の信号光パワーを前記モニタ手段の監視結果に応じて調整するパワー調整部を含むことを特徴とする請求項13または14記載の波長選択フィルタを用いた装置。

【請求項16】前記選択信号は、前記伝送路から前記波長選択フィルタに入力される信号光に含まれない未使用波長光に対応する周波数を有することを特徴とする請求項1～15のいずれか1つに記載の波長選択フィルタを用いた装置。

【請求項17】前記波長選択フィルタのデバイス温度を略一定に制御する温度制御手段を含んで構成されたことを特徴とする請求項1～16のいずれか1つに記載の波長選択フィルタを用いた装置。

【請求項18】前記波長選択フィルタのデバイス温度を測定する温度モニタ手段を含み、前記選択信号の周波数が、前記温度モニタ手段の測定結果に基づいて補正されることを特徴とする請求項1～17のいずれか1つに記載の波長選択フィルタを用いた装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重 (Wavelength Division Multiplexing; 以下WDMとする) 方式の光ネットワークの光分岐・挿入装置及び光分岐装置に関し、特に、光分岐・挿入を行なうフィルタとして、音響光学効果を利用した波長選択フィルタを用いて構成した光分岐・挿入装置及び光分岐装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光ファイバの帯域特性を活かしたWDM方式は、伝送容量を拡大し、信号の出し入れが柔軟な光ネットワークを構築する上で期待される伝送方式である。この方式は、従来の一本のファイバに種類の波長の光を高速に変調して送信する方式と比較して、同じ伝送速度で波長多重を行なうならば、その波長多重数分だけ情報量を多く送信することができる。或いは、低速の信号でも波長多重化することにより、高速で一波の信号を送る従来方式と同様の伝送容量を得ることができる。WDM方式において、多重化する各波長の間隔は、隣接波長信号の影響を受けない程度に離れている必要がある。現在では、光増幅器の帯域が拡大 (十数ナノメートル以上) しており、また、受信側でのフィルタとしても選択領域の狭いものが実現されたことによって、1ナノ

メートル前後の波長間隔のWDM伝送システムの実験が報告され、また、実システムとして導入されようとしている。

【0003】さらに、このWDM伝送システムを基にして、光ネットワークを実現することが最近の研究の動向になっている。この光ネットワークとしては、例えば、特開平4-167634号公報等で提案されているように、WDM信号をポイントからポイントへ送信するだけでなく、伝送路の途中に設けられたノードと呼ばれる中継点で、波長多重された信号光のうちのある特定の波長の信号光だけを選択的に透過させ、それ以外の波長の信号光をそのノードで受信したり、このノードから別の信号光を挿入して、他のノードへ送信したりするといった、ADM(Add-Drop Multiplexer)機能を持つネットワークが挙げられる。このADM機能は、信号を光の状態のまま自由に分岐、挿入できることが特徴であり、WDM方式に特有の技術である。

【0004】従来の光分岐・挿入装置（以下、ADMノード装置とする）としては、例えば、図8に示すように、アレイ導波路格子（Arrayed Waveguide Grating;以下AWGとする）を2つ組み合わせ構成したものなどがある。このAWGは、光合波または光分波機能を持つデバイスで、入力ポートに波長多重信号光が入力されると、出力側では波長毎に分波された信号光が各ポートから出力される。また逆に、AWGは、各ポートにそれぞれ対応して予め決められた波長の光を入力すると、出力側でこれらが合波された波長多重信号光が出力される。このようなAWGを用いて構成したADMノード装置は、1段目（入力側）のAWGで多重信号光を波長毎に分波し、各波長に対して分岐、挿入または透過をそれぞれ制御し、2段目（出力側）のAWGによって再び各波長の信号光を合波して、伝送路に送信することになる。任意の波長の信号光の分岐、挿入または透過の制御は、例えば、1段目のAWGの各出力ポートに光スイッチ等を設けて、その切り替え状態を制御することにより可能となる。

【0005】このような従来のADMノード装置では、AWGの透過光波長特性が、伝送に用いる多重信号光の各波長に対応させて予め設計される。また、AWGの各ポートへの入力波長特性や出力波長特性は、任意ではなく周期性を持って相対的に決まっている。このため、各ポートと信号光波長とが常に明確に管理されていることが、このようなADMノード装置の機能として重要になる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のADMノード装置では、波長多重数が増大する程、各ポート毎の信号光波長の管理が煩雑になるとともに、そのノード構成も複雑になってしまう。また、設計段階において、ADMノード装置の使用波長や最大波長数が

予め決められるため、その後の使用波長の変更や信号増設等には対応しにくいという欠点がある。さらに、従来のADMノード装置は、透過特性について波長に対して周期的な変動を持つため、ADMノードを多段に接続して使用するリングネットワーク等では、例えば、光減衰器などを用いて各波長毎の光パワーの補正を行う等の対策が必要となるといった問題もある。

【0007】ところで、各ポート毎の信号光波長の管理を容易にする1つの手段として、ADMフィルタに音響光学フィルタを用いることは有効である。音響光学フィルタを使用したADMノード構成は、例えば、特開平9-113855号公報等で提案されている。前記の技術は、ADMノードに音響光学フィルタ等を使用したときに発生する、分岐光と挿入光との干渉による信号劣化を防ぐために、分岐光と挿入光の周波数をずらすことによって干渉雑音を抑圧しようとするものである。

【0008】しかし、上記のADMノード構成では、分岐挿入波長の変更や信号増設等のために煩雑な作業を要するとともに、周波数をずらした挿入光が各ADMノードで主信号光に合波されて伝送されるため、伝送システムの波長多重数が多くなるにつれてシステム全体での信号光波長の管理が複雑になるという問題がある。本発明は上記の点に着目してなされたもので、音響光学効果を利用した波長選択フィルタを利用することにより、信号光波長の管理が容易で、任意の波長及び任意の多重数の信号光について分岐、挿入または透過が可能な光分岐・挿入装置及び光分岐装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】このため本発明の1つの態様では、波長多重された信号光が伝送される伝送路に接続され、該伝送路上の信号光に対して少なくとも1つの波長の信号光を分岐及び挿入可能な分岐・挿入手段と、該分岐・挿入手段で分岐された信号光を波長毎に受信処理する光分岐手段と、前記伝送路上の信号光に挿入する挿入光を前記分岐・挿入手段に出力する光挿入手段と、を備えた光分岐・挿入装置において、前記分岐・挿入手段が、少なくとも1つの周波数の弾性表面波を選択信号に対応して発生可能であり、前記伝送路から受信した信号光が入力される入力ポート、前記伝送路へ出力する信号光が出力される出力ポート、前記光分岐手段に接続する分岐ポート及び前記光挿入手段に接続する挿入ポートを有する波長選択フィルタを含み、該波長選択フィルタは、前記選択信号が印加され、前記入力ポートに送られた前記伝送路からの信号光に含まれる前記弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光を分岐して前記分岐ポートに出力するとともに、前記弾性表面波の周波数に対応した波長を有する前記挿入ポートに送られた挿入光を前記伝送路からの信号光に挿入して前記出力ポートに出力する構成としたものである。

【0010】また、別の態様では、波長多重された信号

光が伝送される伝送路に接続され、該伝送路上の信号光に対して少なくとも1つの波長の信号光を分岐及び挿入可能な光分岐・挿入装置において、分岐された信号光を波長毎に受信処理する光分岐手段と、前記伝送路上の信号光に挿入する挿入光を発生する光挿入手段と、選択信号に応じた周波数の弾性表面波を少なくとも1つ発生可能であり、前記伝送路から受信した信号光が入力される入力ポート、前記伝送路へ出力する信号光が出力される出力ポート、前記光分岐手段に接続する分岐ポート及び前記光挿入手段に接続する挿入ポートを有する波長選択フィルタと、を備え、該波長選択フィルタは、前記入力ポートに送られた前記伝送路からの信号光に含まれる前記弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光を分岐して前記分岐ポートに出力するとともに、前記弾性表面波の周波数に対応した波長を有する前記挿入ポートに送られた挿入光を前記伝送路からの信号光に挿入して前記出力ポートに出力する構成としたものである。

【0011】かかる構成によれば、伝送路上の波長多重された信号光が波長選択フィルタの入力ポートに送られる。この波長選択フィルタには、分岐・挿入する信号光の波長に合わせた周波数の弾性表面波が発生可能で、入力ポートに送られた信号光に含まれる各波長光のうちの弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光のみが、音響光学効果により偏光変換を受けて分岐ポートから出力され、他の波長の信号光は出力ポートから出力される。分岐ポートから出力された信号光は、光分岐手段に送られて各波長毎に受信処理される。また、波長選択フィルタの挿入ポートには光挿入手段で発生した挿入光が入力され、弾性表面波の周波数に対応した波長の挿入光は、上記分岐の場合と同様に偏光変換を受けて入力ポートからの信号光に挿入され、出力ポートから出力されて伝送路に送られるようになる。

【0012】さらに、本発明の他の態様として、波長多重された信号光が伝送される伝送路に接続され、該伝送路上の信号光のうち少なくとも1つの波長の信号光を分岐可能な光分岐装置において、分岐された信号光を波長毎に受信処理する光分岐手段と、選択信号に応じた周波数の弾性表面波を少なくとも1つ発生可能であり、前記伝送路から受信した信号光が入力される入力ポート、前記伝送路へ出力する信号光が出力される出力ポート及び前記光分岐手段に接続する分岐ポートを有する波長選択フィルタとを備え、該波長選択フィルタは、前記入力ポートに送られた前記伝送路からの信号光に含まれる前記弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光を分岐して前記分岐ポートに出力する構成としたものである。

【0013】この光分岐装置は、上述した光分岐・挿入装置について光挿入機能も持たないものに相当する。また、本発明の他の態様では、波長多重された信号光が伝送される伝送路に接続され、該伝送路上の信号光に対して少なくとも1つの波長の信号光を分岐及び挿入可能な

分岐・挿入手段と、該分岐・挿入手段で分岐された信号光を波長毎に受信処理する光分岐手段と、前記伝送路上の信号光に挿入する挿入光を前記分岐・挿入手段に出力する光挿入手段と、を備えた光分岐・挿入装置において、前記分岐・挿入手段が、少なくとも1つの周波数の弾性表面波を選択信号に対応して発生可能であり、前記伝送路から受信した信号光が入力される入力ポート、前記伝送路へ出力する信号光が出力される出力ポート及び前記光分岐手段に接続する分岐ポートを有する波長選択フィルタと、前記出力ポートから出力される信号光に前記光挿入手段からの挿入光を合波して前記伝送路に出力する光合波部と、を含み、前記波長選択フィルタは、前記選択信号が印加され、前記入力ポートに送られた前記伝送路からの信号光に含まれる前記弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光を分岐して前記分岐ポートに出力し、他の波長の信号光を前記出力ポートに出力する構成としたものである。

【0014】さらに、別の態様では、波長多重された信号光が伝送される伝送路に接続され、該伝送路上の信号光に対して少なくとも1つの波長の信号光を分岐及び挿入可能な光分岐・挿入装置において、分岐された信号光を波長毎に受信処理する光分岐手段と、前記伝送路上の信号光に挿入する挿入光を発生する光挿入手段と、選択信号に応じた周波数の弾性表面波を少なくとも1つ発生可能であり、前記伝送路から受信した信号光が入力される入力ポート、前記伝送路へ出力する信号光が出力される出力ポート及び前記光分岐手段に接続する分岐ポートを有する波長選択フィルタと、前記出力ポートから出力される信号光に前記光挿入手段からの挿入光を合波して前記伝送路に出力する光合波手段と、を備え、前記波長選択フィルタは、前記選択信号が印加され、前記入力ポートに送られた前記伝送路からの信号光に含まれる前記弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光を分岐して前記分岐ポートに出力し、他の波長の信号光を前記出力ポートに出力する構成としたものである。

【0015】かかる構成によれば、伝送路上の波長多重された信号光が波長選択フィルタの入力ポートに送られる。この波長選択フィルタには、分岐する信号光の波長に合わせた周波数の弾性表面波が発生可能で、入力ポートに送られた信号光に含まれる各波長光のうちの弾性表面波に対応した波長の信号光のみが、音響光学効果により偏光変換を受けて分岐ポートから出力され、他の波長の信号光は出力ポートから出力される。分岐ポートから出力された信号光は、光分岐手段に送られて各波長毎に受信処理される。そして、出力ポートから出力された信号光は、光合波部で光挿入手段からの挿入光が合波されて伝送路に出力されるようになる。

【0016】上記それぞれの態様について、信号光を伝送に必要なパワーレベルまで増幅する少なくとも1つの光増幅手段を含むようにしてもよい。これにより本装置

が線形中継器としての機能を有するようになる。さらに、前記伝送路の分散特性を補償する分散補償手段と、該分散補償手段における信号光パワーの損失を補償する分散補償用光増幅手段と、を含むようにしてもよい。これにより伝送路の分散特性による信号光の伝送特性への影響を補償できるようになる。

【0017】また、前記光分岐手段は、前記波長選択フィルタの分岐ポートから出力される信号光を受信波長数に応じて分波する光分波部と、該光分波部の各出力ポート毎に設けられ、分波された信号光から1つの波長光を選択して出力する選択波長可変の波長選択部と、該波長選択部で選択された波長光を受信処理する受信部と、を含むようにすることができる。この構成によれば、光分岐手段で受信処理する信号光の波長が任意に設定可能であり、その信号光の数も受信波長数（即ち、光分岐手段に設けられた波長選択部及び受信部の数）の範囲内で任意に設定できるようになる。

【0018】さらに、前記光挿入手段は、前記伝送路上で伝送可能なすべての波長に対応した光を発生する光源部と、該光源部からの各波長光を合波した波長多重光を挿入波長数に応じて分波して出力する光合分波部と、該光合分波部から出力された各波長多重光毎に変調を行ない、かつ、1つの波長光を選択して出力する選択波長可変の挿入光生成部と、該挿入光生成部から出力される各波長の信号光を合波して出力する光合波部と、該光合波部から出力される信号光を増幅して前記波長選択フィルタの挿入ポートに出力する光増幅部と、を含むようにしてもよい。加えて、この光挿入手段は、前記伝送路の分散特性を補償する分散補償部と、該分散補償部における光パワーの損失を補償する分散補償用光増幅部と、を含むのが好ましい。

【0019】かかる構成によれば、光挿入手段は、伝送路上で伝送可能なすべての波長に対応した挿入光を出力可能であり、挿入光の波長及びその数を任意に設定できるようになる。また、伝送路の分散特性を補償した挿入光を出力することで、挿入光の合波された信号光の伝送特性が向上されるようになる。加えて、上記の光挿入手段は、前記光源部から前記光合分波部に、挿入可能な波長光のみを送る光源制御部を含むようにしてもよく、さらに、前記挿入光生成部から前記合波部に、実際に挿入する波長の信号光のみを送る挿入光制御部を含むようにしてもよい。このように光源制御部や挿入光制御部を設けることにより、光挿入手段から出力される挿入光について、挿入に不要な波長光の漏れ込みやクロストーク光の発生が防止されるようになる。

【0020】また、上記の波長選択フィルタを用いた装置は、前記伝送路から前記波長選択フィルタに入力される信号光のスペクトル及び前記波長選択フィルタから前記伝送路に出力される信号光のスペクトルをそれぞれ測定して、各波長毎の光パワーを監視するモニタ手段を含

んで構成することが好ましい。さらに、前記選択信号は、周波数及び出力パワーの少なくとも一方が前記モニタ手段の監視結果に応じて調整され、前記波長選択フィルタは、前記出力ポートから出力される各波長の信号光パワーが前記選択信号に応じて略一定に制御される構成としてもよい。加えて、前記光挿入手段が、前記挿入光生成部から出力される各波長の信号光パワーを前記モニタ手段の監視結果に応じて調整するパワー調整部を含むようにしてもよい。

【0021】このような構成によれば、波長選択フィルタに入出力される信号光の各波長の光パワーにばらつきが発生すると、モニタ手段の監視結果に応じて、周波数または出力パワーが調整された選択信号が波長選択フィルタに送られ、また、光挿入手段のパワー調整部で挿入光のパワーが調整されることで、波長選択フィルタの出力ポートから出力される各波長の信号光パワーが略一定に制御されるようになる。

【0022】さらに、前記選択信号は、前記伝送路から前記波長選択フィルタに入力される信号光に含まれない未使用波長光に対応する周波数を有するようにしてもよい。このようなRF信号が波長選択フィルタに印加されることにより、未使用波長に生じた雑音等が波長選択フィルタで除去されるようになる。また、上述した装置は、前記波長選択フィルタのデバイス温度を略一定に制御する温度制御手段を含んで構成されるか、または、前記波長選択フィルタのデバイス温度を測定する温度モニタ手段を含み、前記選択信号の周波数が、前記温度モニタ手段の測定結果に基づいて補正される構成とするのが好ましい。このように温度制御手段または温度モニタ手段を設けることにより、波長選択フィルタのデバイス温度の変化による選択波長の変動が抑制されるようになる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。図1は、第1の実施形態の波長選択フィルタを用いた光分岐・挿入装置（ADMノード装置）の構成を示す。ここでは、本ADMノード装置が線形中継器としての機能を兼ね備える場合について説明する。

【0024】図1において、本ADMノード装置は、波長多重された信号光が伝送される伝送路に挿入された分岐・挿入手段としてのADMノード部10と、選択信号であるRF信号を発生してADMノード部10に送るRF信号発生器20と、ADMノード部10で分岐された信号光の受信処理を行なう光分岐手段としての光分岐部30と、ADMノード部10で挿入される信号光を発生する光挿入手段としての光挿入部40と、伝送路からADMノード部10への入力信号光及びADMノード部10から伝送路への出力信号光のスペクトルをモニタするモニタ手段としてのモニタ部50と、から構成される。

【0025】ADMノード部10は、例えば、ADMフィルタとして用いられる音響光学効果を利用した波長選択フィルタ（Acousto-Optic Tunable Filter; 以下AOTFとする）11と、光増幅手段としての光アンプ12、15と、分散補償手段としての分散補償器13と、分散補償用増幅手段としての光アンプ14を備える。AOTF11は、入力、出力、挿入及び分岐の4つのポートを有する。入力ポートには、伝送路を伝わる波長多重信号光が、後述する光カプラ51並びに光アンプ12、分散補償器13及び光アンプ14を介して入力される。光アンプ12は、伝送されてきた信号光を一括して増幅する広帯域光増幅器である。分散補償器13は、伝送路の分散特性による信号光の伝送特性への影響を補償するための分散補償デバイスであり、光アンプ14は、分散補償器13での光パワーの損失を補償するためのものである。これら分散補償器13及び光アンプ14は、伝送路の分散特性が大きい場合に必要に応じて、ADMノード部10の適宜な位置に設けられる。AOTF11の出力ポートから出力される信号光は、後述する光カプラ52及び光アンプ15を介して伝送路に送られる。光アンプ15は、出力信号光を伝送に最適なパワーまで増幅して伝送路に出力する。また、分岐ポートから出力される信号光は後述する光分岐部30に送られ、挿入ポートには後述する光挿入部40から出力される信号光が入力される。

【0026】ここで、AOTF11について具体的に説明する。AOTF11は、波長選択フィルタとして有効なデバイスであり、その構成には様々な種類のものがある。一般には、弾性表面波（SAW）と光の導波路とがオーバーラップし、両者の干渉により導波路内の一部の波長の光のみが偏光変換を受け、その偏光された光をフィルタ出射端のスプリッタで分離することにより、特定の波長の光を取り出すことができるものである。

【0027】図2は、AOTF11の構成の一例を示す。図2の構成では、交差指型電極（IDT）にRF信号を印加することによって弾性表面波（SAW）が発生してSAWクラッド部を伝搬する。また、波長多重された信号光が、入力ポートより入射して、図で左側の偏光ビームスプリッター（PBS）で偏光分離されて2つの導波路に分岐される。そして、TE-TMモード変換部に入射した信号光は、前記SAWと干渉して、RF信号の周波数に応じた波長の信号光の偏光状態が変換される。偏光変換された信号光は、図で右側のPBSにより偏光分離されて、選択光を出力する分岐ポートから出力される。他の波長の信号光は、非選択光を出力する出力ポートから出力される。上記SAWの周波数と選択光の波長とは、デバイスの温度が一定の状態では1対1の関係がある。したがって、印加するRF信号の周波数を変化させれば、選択光の波長もそれに伴って変化する。これにより、波長可変の光フィルタが実現できる。

【0028】また、RF信号の周波数に対応した波長の

信号光を図で左端の挿入ポートから挿入すると、この挿入光は、上述の選択光と同様に偏光変換されて出力ポートから出力される。即ち、AOTF11は、RF信号の周波数に対応した波長の信号光を同時に分岐、挿入することができる。さらに、周波数の異なる複数のRF信号を混合してIDTに印加した場合には、それぞれのRF信号の周波数に対応して複数の波長の信号光を選択することができ、1波だけでなく、任意に設定可能な複数の波長の信号光を同時に選択するADMフィルタとしてもAOTF11は非常に有効である。したがって、このようなAOTF11をADMノードに用いると、印加するRF信号の周波数とその数に応じて、任意の波長の信号光を任意の数だけ、分岐または挿入させることができる。

【0029】RF信号発生器20は、AOTF11で分岐または挿入させようとする信号光の波長に対応した周波数のRF信号を発生し混合してAOTF11に出力する。光分岐部30は、例えば、光アンプ31と、光分岐部としての光カプラ32と、波長選択部としての波長選択用AOTF33<sub>1</sub>～33<sub>M</sub>と、受信部としての受信器34<sub>1</sub>～34<sub>M</sub>とを備える。光アンプ31は、AOTF11の分岐ポートから出力された分岐光のパワーを受信処理可能なレベルまで増幅する。光カプラ32は、光アンプ31からの出力光をこのADMノードで受信処理すべき信号光の数（受信波長数）に応じて分岐する。具体的には、伝送に使用される各波長（例えば、 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ ）の信号光をすべてこのADMノードで分岐処理する場合は、光アンプ31からの出力光を全信号数Nに分岐する光カプラを必要とする。また、最大分岐数M（ノードで処理すべき信号光の最大数であり、 $M < N$ ）が決まる場合には、光アンプ31からの出力光をその最大数Mに分岐する光カプラを用いる。ここでは、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の信号光を伝送するシステムにおいて、このADMノードで最大数Mの波長の信号光を受信処理するとした場合に、光アンプ31からの出力光をM分岐する1×M光カプラを用いる。

【0030】波長選択用AOTF33<sub>1</sub>～33<sub>M</sub>は、光カプラ32で分岐された信号光に含まれる各波長光のうちの所望の1波を選択するために、光カプラ32の各出力ポート毎にそれぞれ設けられる。各波長選択用AOTF33<sub>1</sub>～33<sub>M</sub>では、図示しないが印加されるRF信号の周波数が制御されて分岐信号光の波長選択が行なわれる。なお、ここで用いられる各波長選択用AOTF33<sub>1</sub>～33<sub>M</sub>は、上述したAOTF11のようにADMフィルタとしての機能を備える必要はない。ここでは、任意の波長が選択でき、他の波長の信号光を十分に抑圧できる狭帯域性及びサイドモード抑圧性を有し、また、波長トラッキング機能を備えることが重要になる。さらに、波長選択部としてAOTFを用いたが、これに限らず選択波長がチューナブルな他のデバイスを使用してもよい。そして、各波長選択用AOTF33<sub>1</sub>～33<sub>M</sub>で選択された信号光は、それぞれに対応する受信器34<sub>1</sub>～34<sub>M</sub>に送られて受信処理



される。

【0031】光挿入部40は、例えば、光源バンク41、光アンプ42<sub>1</sub>～42<sub>M</sub>、変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>、波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>、光合波部としての光カブラ45、光アンプ46、分散補償部としての分散補償器47及び分散補償用光増幅部としての光アンプ48を備える。この光挿入部40は、任意の波長で任意の数の信号光の挿入に対応できるようにするために、伝送システムで使用するすべての波長( $\lambda_1 \sim \lambda_N$ )の信号光を任意に選択して出力する機能が必要である。例えば、送信すべき情報が最大でM個ある場合に、それぞれの情報を任意の波長の光に載せて送出することが必要である。したがって、光挿入部40の各変調器の入力ポートに送られる光には、波長の任意性が求められる。

【0032】このため、上記光源バンク41は、使用される各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ に対応したN個のレーザ光源41A<sub>1</sub>～41A<sub>N</sub>と、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の光を合波して必要な信号光数Mまで分岐するN×M光カブラ41Bと、を有するWDM光源とする。ここでは、光源バンク41が光源部及び光合分波部として機能する。光アンプ42<sub>1</sub>～42<sub>M</sub>は、光カブラ41Bの各出力ポート毎に設けられ、波長多重された光のパワーを所要のレベルまで増幅する。

【0033】変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>は、送信すべき情報を光アンプ42<sub>1</sub>～42<sub>M</sub>からの光に与える外部変調器である。各変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>では、M個の送信情報のうちの1つが波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ の光すべてに載せられる。波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>は、変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>で変調された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ を含んだ信号光のうちから任意の波長の信号光を選択できる波長可変のバンドパスフィルタである。ここでは、変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>及び波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>が挿入光生成部として機能する。なお、ここで用いる各波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>についても、上記光分岐部30で用いるAOTF33<sub>1</sub>～33<sub>M</sub>と同様に、上述したADMフィルタとしての機能を備える必要はなく、また、AOTFに限らず選択波長がチューナブルな他のデバイスを使用することもできる。さらに、波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>の接続位置は、ここでは変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>の後段としたが、これに限らず、例えば光源バンク41の各出力ポートと各光アンプ42<sub>1</sub>～42<sub>M</sub>との間などに配置してもよい。

【0034】光カブラ45は、各波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>で選択された信号光を1つの信号光に波長多重して出力するM×1光カブラである。光アンプ46は、光カブラ45からの出力光をADMノード部10に挿入可能なパワーまで増幅する。また、分散補償器47及び光アンプ48は、前述したADMノード部10の分散補償器13及び光アンプ14と同様に、伝送路の分散特性等を補償するために必要に応じて設けられる。

【0035】モニタ部50は、光カブラ51,52及びスペクトルモニタ53を有する。光カブラ51は、例えば、ADM

ノード部10の光アンプ12の前段等に設けられ、伝送路からADMノード部10に入力される信号光の一部を分岐してスペクトルモニタ53に送る。また、光カブラ52は、例えば、AOTF11の出力ポートの後段等に設けられ、出力ポートから出力される信号光の一部を分岐してスペクトルモニタ53に送る。スペクトルモニタ53は、光カブラ51,52で分岐された各信号光のスペクトルを測定して波長に対する光パワーを監視する。このスペクトルモニタ53によって、ADMノード部10への入力信号光が正規の状態であるか、ADMノードの動作が正常であるかなどが監視される。

【0036】次に、第1の実施形態の動作について説明する。伝送路を伝わる波長多重信号光は、線形中継器を兼ねたADMノード装置に入力されて、まず、その一部が光カブラ51で分岐される。分岐信号光は、スペクトルモニタ53に送られて、そのスペクトルが測定される。この測定結果を基に、伝送路を伝わってADMノード装置に到達した信号光が正規の波長光(チャンネル)を含み、各波長光のパワーが所要のレベルにあるか否かが監視される。

【0037】伝送路からの信号光が正規の状態にあると判断されると、光カブラ12を通った信号光は、光アンプ12に送られて増幅された後に、分散補償器13に送られて、伝送路の分散特性の影響を補償するための処理が行なわれる。分散補償された信号光は、分散補償器13でのロスを補償するために光アンプ14で増幅されて、AOTF11の入力ポートに送られる。

【0038】AOTF11には、RF信号発生器20で発生したRF信号が印加されていて、入力ポートに送られた信号光がAOTF11を通過することで、弾性表面波の周波数に対応した波長の信号光が入力信号光から分離されて分岐ポートから出力される。またこれと同時に、AOTF11の挿入ポートには、光挿入部40で発生した挿入光が送られ、その挿入光は、AOTF11を通過することで入力ポートからの信号光に合波されて出力光として出力ポートから出力される。なお、光挿入部40の動作については後述する。

【0039】このときの挿入光の波長は、AOTF11に印加されるRF信号の周波数に応じて決まる。このため、基本的には、分岐する信号光の波長と同じ波長の信号光が挿入されることになる。ただし、異なる波長の信号光を分岐、挿入することも可能である。例えば、入力ポートへの信号光が波長 $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ を除いた波長 $\lambda_3 \sim \lambda_N$ の光を含み、本ADMノードにおいて、波長 $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$ の信号光を分岐し、波長 $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ の信号光を挿入するような場合には、各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ に対応する周波数のRF信号をAOTF11に印加しておき、光挿入部40からは波長 $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ の信号光のみを挿入ポートに送るようにする。また、分岐する信号光の数と挿入する信号光の数は、同数に限らず異なっても構わない。

【0040】AOTF11の出力ポートから出力された信号光は、その一部が光カプラ52で分岐されてスペクトルモニタ53に送られる。スペクトルモニタ53では、その分岐光のスペクトルが測定されて、このADMノードにおける信号光の分岐、挿入または透過が正常に行なわれたか否かが判断される。正常と判断されると、出力ポートからの出力光は、光カプラ52を通過して光アンプ15に送られて、伝送に最適なパワーまで増幅された後に伝送路に送信される。

【0041】AOTF11の分岐ポートから出力された信号光は、光分岐部30の光アンプ31に送られ、所要のパワーまで増幅される。増幅された分岐光は、光カプラ32に送られてM個の信号光に分岐される。M分岐された各信号光は、ADMノード部10で選択された各波長光を含んだものであるため、そのうちの1波長の信号光を選択するために波長選択用AOTF33<sub>1</sub>～33<sub>M</sub>に送られる。各波長選択用AOTF33<sub>1</sub>～33<sub>M</sub>は、図示しないが印加されるRF信号の周波数が対応する受信器34<sub>1</sub>～34<sub>M</sub>の受信波長に応じて調整されていて、受信器34<sub>1</sub>～34<sub>M</sub>の受信波長に一致する波長の信号光のみを分岐ポートから出力する。このようにして選択された各波長の信号光は、それぞれの受信器34<sub>1</sub>～34<sub>M</sub>によって受信処理される。

【0042】光挿入部40では、光源バンク41の各レーザ光源41A<sub>1</sub>～41A<sub>N</sub>より波長 $\lambda_1$ ～ $\lambda_N$ の光が出射される。各波長光は、光カプラ41Bによって波長多重され、さらにM個の信号光に分岐されて光源バンク41から出力される。波長多重された各信号光は、それぞれ光アンプ42<sub>1</sub>～42<sub>M</sub>で増幅された後に変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>に送られて、それぞれ変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>毎に各波長 $\lambda_1$ ～ $\lambda_N$ の光が一括して変調される。各変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>で変調された信号光は、波長 $\lambda_1$ ～ $\lambda_N$ のうちの特定の波長成分のみを選択するために、波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>にそれぞれ送られる。各波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>は、印加されるRF信号の周波数が送信すべき信号光の波長に応じて調整されていて、そのRF信号に対応する波長の信号光のみを分岐ポートから出力する。各波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>の分岐ポートから出力された信号光は、光カプラ45に送られて、1つの信号光に合波される。そして、光カプラ45からの出力光は、光アンプ46で増幅された後に、分散補償器47及び光アンプ48を通過して伝送路の分散特性等を補償する処理が施されて、AOTF11の挿入ポートに送られる。

【0043】このように第1の実施形態によれば、ADMフィルタとしてAOTF11を使用することによって、従来のAWG等を用いたADMノード装置のように、伝送路からの波長多重信号光に含まれるすべての波長の信号光を分離する必要がなくなり、ADMノードで分岐または挿入が必要な波長の信号光だけを分波または合波することができる。これにより、多数の光ファイバや光デバイスを使用することのない簡略な構成で小型化のAD

Mノード装置を提供することができる。また、本ADMノード装置は、AOTF11に印加するRF信号の周波数及び信号数を適宜に設定することにより、任意の波長で任意の数の信号光を分岐、挿入または透過することが可能である。さらに、本ADMノード装置内に、伝送路の分散特性の影響を補償するための分散補償器13、47及び該分散補償器13、47のロスを補償する光アンプ14、48を設けたことによって、伝送特性の優れた光伝送システムを実現できる。

10 【0044】次に、第2の実施形態について説明する。第2の実施形態では、第1の実施形態でAOTF11の挿入ポートから信号光を挿入していたのに代えて、AOTFの出力ポート後段に光カプラを設け、この光カプラで出力光と挿入光を合波する構成とした場合を説明する。図3は、第2の実施形態のADMノード装置の構成を示す。

20 【0045】図3において、本ADMノード装置の構成が第1の実施形態の構成と異なる部分は、4ポートのAOTF11に代えて、入力、出力及び分岐の3つのポートを備えたAOTF11'を用い、また、AOTF11の出力光の一部を分岐していた1×2光カプラ52に代えて、光合波部としての2×2光カプラ52'を用い、この光カプラ52'でAOTF11'の出力光と光挿入部40からの挿入光とを合波して伝送路に送るようにした部分である。上記以外の部分の構成及びその動作は、第1の実施形態の構成及びその動作と同一であるため、ここでは説明を省略する。

30 【0046】AOTF11'は、伝送路から光カプラ51、光アンプ12、分散補償器13及び光アンプ14を介して伝わる波長多重信号光が入力ポートに入力される。このAOTF11'には、第1の実施形態の場合と同様に、RF信号発生器20からのRF信号が印加されていて、そのRF信号の周波数に対応する波長光のみが偏光変換されて分岐ポートから出力され、その他の波長光は出力ポートから出力される。ただし、AOTF11'では、第1の実施形態の場合と異なり信号光の挿入がないため、印加されるRF信号は、分岐する信号光の波長に対応する周波数のものとなる。

40 【0047】なお、ここでは、システムで使用される波長 $\lambda_1$ ～ $\lambda_N$ のうちで、AOTF11'の入力ポートに入力された信号光には含まれない波長光について、その波長に対応する周波数のRF信号もAOTF11'に印加されるものとする。このようなRF信号を印加することによって、使用されない波長について発生した雑音がAOTF11'で分岐され除去されるようになる。これにより、AOTF11'の出力光に対して、未使用の波長の信号光を光カプラ52'で合波するとき、前記雑音の影響を防止できる。

50 【0048】光カプラ52'は、AOTF11'の出力ポートからの出力光が一方の入力ポートに入力され、光挿入

部40から出力された挿入光が他方の入力ポートに入力される。そして、入力された出力光及び挿入光が合波された後に2分岐されて、その一方の信号光が光アンプ15を介して伝送路に送られる。また、他方の信号光は、スペクトルモニタ53に送られてそのスペクトルが測定される。

【0049】このように第2の実施形態によっても、第1の実施形態の効果と同様に、任意波長及び任意数の信号光を分岐、挿入または透過することが可能な、伝送特性の優れたADMノード装置を提供することができる。また、第2の実施形態では、ADMフィルタ用AOTF 11'の構成が1ポート入力、2ポート出力の3つのポート構成になり、4つのポート構成のAOTF 11を用いる場合よりも装置構成が簡易になる利点がある。さらに、AOTF 11'への入力信号光に含まれない波長光に対応する周波数のRF信号をAOTF 11'に印加することによって、雑音の影響が低減されるため、伝送特性の一層の向上を図ることができる。

【0050】次に、第3の実施形態について説明する。第3の実施形態では、ADMノードにおいて信号光のパワーを制御するとともに、AOTFの温度変化による選択波長変動を防止する機能を備えた場合を説明する。図4は、第3の実施形態のADMノード装置の構成例を示す。この構成は、第1の実施形態のADMノード装置（図1）について上記の機能を付加したものである。ただし、図1に示した構成と同一の部分には同じ符号を付してその説明を省略する。

【0051】図4において、本ADMノード装置の構成が第1の実施形態の構成と異なる部分は、スペクトルモニタ53の測定結果に基づいたRF制御信号がスペクトルモニタ53からRF信号発生器20に送られるとともに、AOTF 11の温度を一定に制御する温度制御手段としての温度制御器11Aを設けた部分である。上記以外の部分は第1の実施形態の構成と同一である。

【0052】一般にWDM方式の光伝送では、各波長の信号光パワーが略一定のレベルで伝送されることが必要である。このため本ADMノード装置では、各光カプラ51、52からの信号光のスペクトルをスペクトルモニタ53で測定して、各波長の信号光パワーが略一定であるか否かを判断する。各波長の信号光パワーにばらつきがある場合には、スペクトルモニタ53が、そのばらつきを補正するRF制御信号を発生してRF信号発生器20に送る。RF信号発生器20では、RF制御信号に従って、AOTF 11に印加するRF信号の周波数または出力パワー（振幅）が調整される。具体的には、例えば、波長 $\lambda_1$ の信号光パワーが他の波長の信号光パワーに比べて大きいときは、RF信号発生器20が、波長 $\lambda_1$ に対応する周波数のRF信号を、各信号光とのパワー差に対応した出力パワーで発生してAOTF 11に印加する。これにより、AOTF 11では、波長 $\lambda_1$ の信号光がRF信号の出力パワ

ーに応じて分岐され、出力光に含まれる波長 $\lambda_1$ の信号光パワーが調整されて、各波長の信号光パワーが略一定値に制御される。

【0053】また、上述したようにAOTFの選択波長は、印加するRF周波数とデバイス温度によって一義的に決まる。しかしながら、AOTFが使用される環境によってはその温度が大きく変わり、同じRF信号を印加しても選択波長の再現性が保証されないことが起こる。例えば、選択波長の温度依存性については、およそ0.76 nm/°Cであるという報告等がされている。この温度依存性の影響を無くすために、ここでは温度制御器11Aが設けられる。この温度制御器11Aは、AOTF 11の温度を環境の変化に関係なく略一定に制御するものである。なお、図示しないが、光分岐部30及び光挿入部40にそれぞれ設けられた各波長調整用AOTF 33<sub>1</sub>~33<sub>M</sub>、44<sub>1</sub>~44<sub>M</sub>についても、同様の温度制御器を設けるものとする。

【0054】このように第3の実施形態によれば、スペクトルモニタ53の測定結果を基にAOTF 11に印加するRF信号の周波数または出力パワーを調整することによって、本ADMノード装置から伝送路に送られる各波長の信号光パワーが略一定値に制御されるため、安定したWDM方式の光伝送が可能である。また、AOTFの温度を略一定に制御することによって、波長多重信号光の波長管理をより正確に行なうことができる。

【0055】次に、第4の実施形態について説明する。第4の実施形態では、上記第3の実施形態の場合と同様の機能を、第2の実施形態のADMノード装置（図3）に付加した場合を説明する。図5は、第4の実施形態のADMノード装置の構成を示す。ただし、図3に示した構成と同一の部分には同じ符号を付してその説明を省略する。

【0056】図5において、本ADMノード装置では、スペクトルモニタ53の測定結果に基づいて、RF制御信号がRF信号発生器20に送られるとともに、光挿入部40の各光アンプ42<sub>1</sub>~42<sub>M</sub>の光増幅動作を制御するパワー調整部としての光アンプ駆動回路42Aに、挿入光パワー制御信号が送られる。また、AOTF 11の温度を測定する温度モニタ手段としての温度モニタ11BがAOTF 11'に設けられ、測定された温度情報がRF信号発生器20に送られる。なお、図示しないが光分岐部30及び光挿入部40にそれぞれ設けられた各波長調整用AOTF 33<sub>1</sub>~33<sub>M</sub>、44<sub>1</sub>~44<sub>M</sub>についても、温度モニタを設けるものとする。上記以外の第4の実施形態の構成は、第2の実施形態の構成と同一である。

【0057】スペクトルモニタ53では、各光カプラ51、52'からの信号光のスペクトルが測定され、各波長の信号光パワーが略一定であるか否かが判断される。各波長の信号光パワーにばらつきがある場合には、そのばらつきを補正するRF制御信号及び挿入光パワー制御信号

が、RF信号発生器20及び光アンプ駆動回路42Aに送られる。RF信号発生器20には、スペクトルモニタ53からのRF制御信号に加えて、AOTF11'の温度を示す情報が温度モニタ11Bから送られる。

【0058】RF信号発生器20は、AOTF11'の温度情報を基にAOTF11'の選択波長とRF信号の周波数との関係を補正した上で、上記第3の実施形態の場合と同様に、RF制御信号に応じてRF信号の周波数または出力パワーを調整してAOTF11'に印加する。これによりAOTF11の出力光パワーが制御される。また、光アンプ駆動回路42Aは、挿入光パワー制御信号に従って各光アンプ42<sub>1</sub>～42<sub>M</sub>の光増幅動作を調整して、光挿入部40から出力される各波長光のパワーを制御する。そして、各波長光のパワーが制御された、AOTF11'からの出力光及び光挿入部40からの挿入光が、光カプラ52'で合波されて、各波長光パワーが略一定値に制御された信号光が伝送路に送信されるようになる。

【0059】このように第4の実施形態によっても、第3の実施形態と同様に、伝送路に送信される各波長の信号光パワーが略一定値に制御されるため、安定したWDM方式の光伝送が可能であり、また、AOTFのデバイス温度をモニタしてRF信号の周波数を補正することで、多重信号光の波長管理をより正確に行なうことができる。

【0060】なお、上述した第3、4の実施形態では、AOTF11、11'への印加RF信号や、光挿入部40の光アンプ42<sub>1</sub>～42<sub>M</sub>の光増幅動作を制御することで、各波長の信号光パワーのばらつきを調整するようにしたが、このような構成以外にも、例えば、ADMノード部10の出力側の光アンプ15の動作条件を制御する構成なども考えられる。この場合、光アンプ15で増幅する波長光数が増加すると光アンプ15の動作特性が変化してしまう可能性があるが、波長光数と光アンプ15の動作特性の関係が予めわかっているならば、波長光数の変動にともなう光アンプ15の動作特性変動を補正することができる。例えば、波長光数の情報を光アンプ15に転送し、この情報に基づいて光アンプ15の励起パワー等を制御すればよい。

【0061】また、第3の実施形態では温度制御器を設け、第4の実施形態では温度モニタを設けたが、もちろん、第3の実施形態に温度モニタ、第4の実施形態に温度制御器を設けても構わない。次に、第5の実施形態について説明する。第5の実施形態では、上述した各実施形態の光挿入部40におけるコヒーレントクロストークの発生を抑制する機能を備えた場合を説明する。

【0062】図6は、本実施形態の光挿入部の構成例を示す。ただし、上述した各実施形態の光挿入部40と同一の構成部分には、同じ符号を付してその説明を省略する。図6において、本ADMノード装置の光挿入部40'では、各レーザ光源41A<sub>1</sub>～41A<sub>N</sub>とN×M光カプラ41Bとの間に光源制御部としてのゲートスイッチ41C<sub>1</sub>～41C

<sub>N</sub>がそれぞれ配置された光源バンク41'が用いられる。この光源バンク41'から出力される各波長多重信号光は、波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>にそれぞれ送られる。各波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>では、後段の各変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>で送信情報を与える1つの波長光が選択される。選択された各波長光は、対応する光アンプ42<sub>1</sub>～42<sub>M</sub>で増幅された後に変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>で変調される。各変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>の後段には、例えば、波長選択用AOTF49<sub>1</sub>～49<sub>M</sub>が設けられる。各波長選択用AOTF49<sub>1</sub>～49<sub>M</sub>は、各変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>から出力された信号光に含まれる漏れ込み信号光を除去するために設けられる。ここでは、波長選択用AOTF49<sub>1</sub>～49<sub>M</sub>が挿入光制御部として機能する。

【0063】上記光挿入部40'の動作を具体的に説明するため、例えば、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の信号光が挿入光として出力される場合を考える。この場合、光源バンク41'の各レーザ光源41A<sub>1</sub>～41A<sub>N</sub>は波長 $\lambda_1$ ～ $\lambda_N$ の光をそれぞれ発生する。しかし、不要なクロストーク光の発生を避けるためやAOTFの抑圧レベル緩和のために、波長 $\lambda_3$ ～ $\lambda_N$ の光がゲートスイッチ41C<sub>3</sub>～41C<sub>N</sub>によって遮断され、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光のみがゲートスイッチ41C<sub>1</sub>、41C<sub>2</sub>を通過する。この波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光が光カプラ41Bによって波長多重されM分岐されて各出力ポートから出力される。

【0064】そして、光源バンク41'からの出力光が、各波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>に送られ、ここでは波長選択用AOTF44<sub>1</sub>で波長 $\lambda_1$ の光が選択され、波長選択用AOTF44<sub>2</sub>で波長 $\lambda_2$ の光が選択される。このとき、波長選択用AOTF44<sub>1</sub>（44<sub>2</sub>）の特性がコヒーレントクロストークを十分に抑圧できるだけの他波長抑圧度を持たないときには、波長 $\lambda_1$ （ $\lambda_2$ ）の光とともに漏れ込みとしての波長 $\lambda_2$ （ $\lambda_1$ ）の光が選択されることになる。

【0065】次に、各波長選択用AOTF44<sub>1</sub>、44<sub>2</sub>の選択光は、光アンプ42<sub>1</sub>、42<sub>2</sub>及び変調器43<sub>1</sub>、43<sub>2</sub>で増幅及び変調される。ここで、各変調器43<sub>1</sub>、43<sub>2</sub>の出力光がそのまま光カプラ45で合波されると、前述した漏れ込み光によってコヒーレントクロストークが生じてしまう。これを防ぐため、ここでは各変調器43<sub>1</sub>、43<sub>2</sub>の後段に波長選択用AOTF49<sub>1</sub>、49<sub>2</sub>をさらに設けて、漏れ込み光の低減が図られる。また、波長選択用AOTF49<sub>1</sub>、49<sub>2</sub>を介すことによって、光アンプ42<sub>1</sub>、42<sub>2</sub>で発生する累積自然放光（ASE）雑音等も除去される。そして、各波長選択用AOTF49<sub>1</sub>、49<sub>2</sub>からの出力信号光が光カプラ45で合波され、光アンプ46で増幅された後に、分散補償器47及び光アンプ48で分散補償等の処理が施されて、挿入光として光カプラ52'に送られる。

【0066】このように第5の実施形態によれば、クロストーク光を抑制する構成の光挿入部40'としたことによって、コヒーレントクロストークの発生が低減され、

信号光の伝送特性の劣化を防ぐことができる。なお、上記第5の実施形態では、ゲートスイッチ41C<sub>1</sub>～41C<sub>N</sub>を設けて不要な波長光を遮断するようにしたが、これに限らず、例えば、各レーザ光源の41A<sub>1</sub>～41A<sub>N</sub>の駆動電流を直接制御して不要な波長光を遮断しても構わない。

【0067】また、波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>で他波長の光をあるレベル以下に抑圧できる場合には、波長選択用AOTFを2段構成とするのに代えて、例えば、図7の光挿入部40”に示すように、各変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>の前段等にゲートスイッチや可変減衰器などを設けて不要な波長の信号光を遮断するようにしても、コヒーレントクロストークの発生を防止できる。図7では波長選択用AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>を各変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>の後段に配置した場合を示したが、AOTF44<sub>1</sub>～44<sub>M</sub>は、各変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>の前後段のいずれに配置しても構わない。

【0068】さらに、光源バンク41’は、図6に示した構成に限らず、例えば、図7の光源バンク41”のように、各レーザ光源41A<sub>1</sub>～41A<sub>N</sub>からゲートスイッチ41C<sub>1</sub>～41C<sub>N</sub>を介した光がN×1光カプラ41B’で合波され、光アンプ41Dで増幅された後に、1×M光カプラ41EでM分岐される構成などとしてもよい。この場合、各変調器43<sub>1</sub>～43<sub>M</sub>の前段等に設けていた各光アンプ42<sub>1</sub>～42<sub>M</sub>を省略することが可能である。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、4つのポートを有する音響光学効果を利用した波長選択フィルタを使用したことによって、従来のAWG等を用いた光分岐・挿入装置のように、伝送路からの波長多重信号光に含まれるすべての波長の信号光を分離する必要がなくなり、波長選択フィルタで必要な波長の信号光だけを分岐または挿入することができるため、簡略な構成で小型化の光分岐・挿入装置を実現できる。また、4ポートのAOTFに代えて3ポートの波長選択フィルタを使用し、後段の光合波部で挿入光を合波するようにすれば、より簡略な構成の波長選択フィルタを用いても上記と同様の効果を得ることが可能である。

【0070】さらに、光増幅手段を設けたことで、光分岐・挿入装置が線形中継器として機能し、また、分散補償手段及び分散補償用光増幅手段を設けたことで、伝送路の分散特性の補償が可能となる。したがって、本装置を使用して伝送特性の優れた光ネットワークを構築することができる。また、光分岐手段や光挿入手段の構成を、処理する信号光の波長及びその数を任意に設定可能としたことによって、使用波長の変更や信号増設等に容易に対応することができる。さらに、光挿入手段にも分散補償部及び分散補償用光増幅部を設けたことによって、挿入光の合波された信号光の伝送特性がより優れたものにできる。

【0071】加えて、光挿入手段に光源制御部や挿入光

制御部を設けたことによって、挿入に不要な波長光の漏れ込みやコヒーレントクロストークの発生が防止されるようになるため、さらに優れた伝送特性を有する光ネットワークを構築することができる。また、モニタ手段を設けたことで、本装置に入出力される信号光の監視が可能となる。さらに、そのモニタ手段の監視結果に基づいて、波長選択フィルタに送られる選択信号の周波数を調整したり、光挿入手段のパワー調整部で挿入光のパワーを調整することで、本装置から伝送路に送られる各波長の信号光パワーが略一定値に制御されるため、安定したWDM方式の光伝送が可能である。

【0072】加えて、未使用波長光に対応する周波数の選択信号が波長選択フィルタに印加されることにより、未使用波長に生じた雑音等が波長選択フィルタで除去されるため、伝送特性の一層の向上を図ることができる。また、温度制御手段や温度モニタ手段を設けたことによって、波長選択フィルタのデバイス温度の変化の影響が低減されるため、波長多重信号光の波長管理をより正確に行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の構成を示す図である。

【図2】同上第1の実施形態のAOTFの構成例を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施形態の構成を示す図である。

【図4】本発明の第3の実施形態の構成を示す図である。

【図5】本発明の第4の実施形態の構成を示す図である。

【図6】本発明の第5の実施形態の光挿入部の構成を示す図である。

【図7】本発明の光挿入部の他の構成例を示す図である。

【図8】従来のAWGを用いた光分岐・装入装置の構成を示す図である。

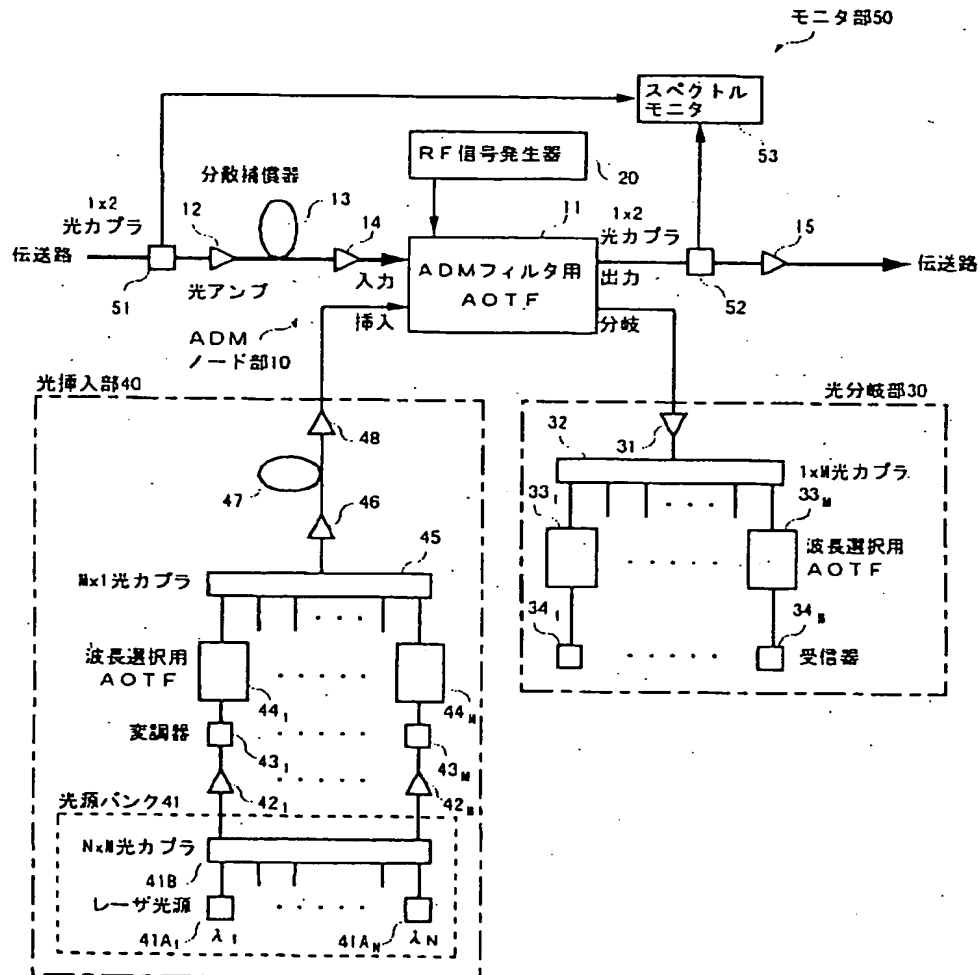
【符号の説明】

10, 10'	ADMノード部
11, 11'	ADMフィルタ用AOTF
11A	温度制御器
11B	温度モニタ
12, 14, 15, 31, 41D, 42 <sub>1</sub> ～42 <sub>M</sub> , 46, 48	光アンプ
13, 47	分散補償器
20	RF信号発生器
30	光分岐部
32, 41B, 41B', 41E, 45, 51, 52, 52'	光カプラ
33 <sub>1</sub> ～33 <sub>M</sub> , 44 <sub>1</sub> ～44 <sub>M</sub> , 49 <sub>1</sub> ～49 <sub>M</sub>	波長選択用AOTF
34 <sub>1</sub> ～34 <sub>M</sub>	受信器
40, 40', 40''	光挿入部

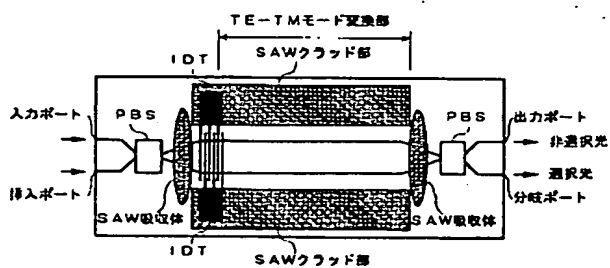
41, 41', 41" 光源バンク  
 41A<sub>1</sub> ~ 41A<sub>N</sub> レーザ光源  
 41C<sub>1</sub> ~ 41C<sub>N</sub> ゲートスイッチ  
 42A 光アンプ駆動回路

43<sub>1</sub> ~ 43<sub>M</sub> 変調器  
 50, 50' モニタ部  
 53 スペクトルモニタ

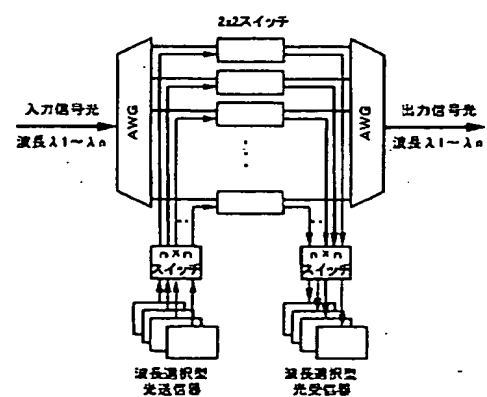
【図1】



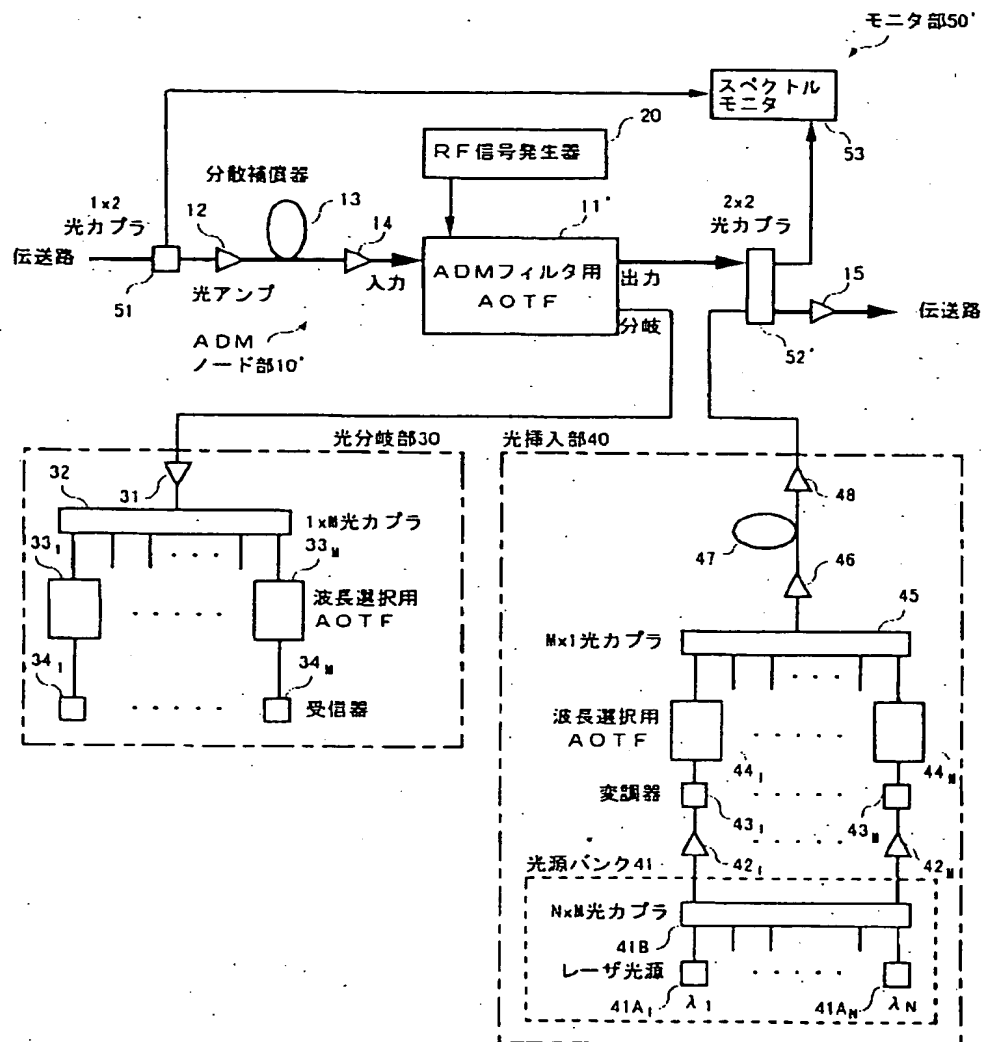
【図2】



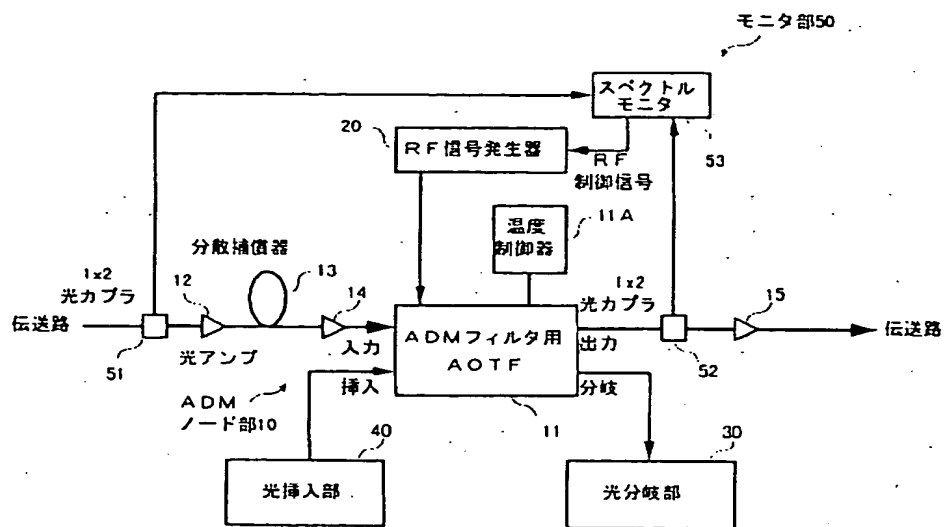
【図8】



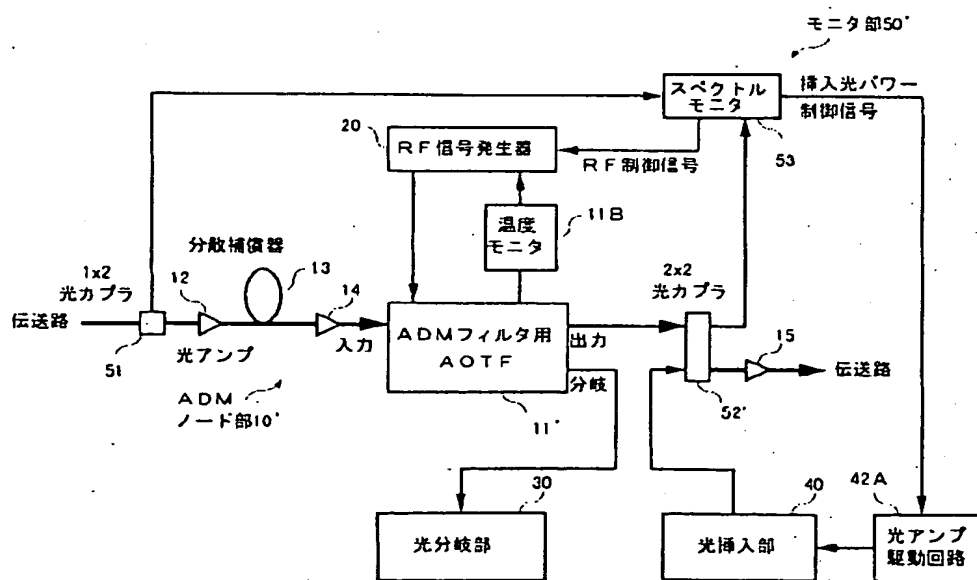
【図3】



【図4】

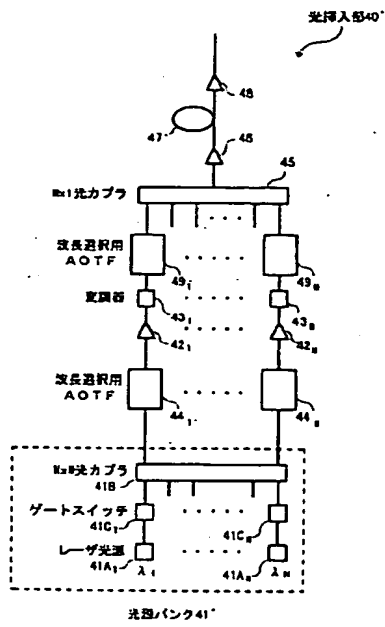


【図5】





【図6】



【図7】

